

## ⑫ 特許公報(B2)

昭61-51240

⑤ Int.Cl.<sup>4</sup>F 28 F 21/04  
F 28 D 19/00

識別記号

庁内整理番号

7380-3L  
7380-3L

②④公告 昭和61年(1986)11月7日

発明の数 1 (全4頁)

⑥ 発明の名称 耐熱衝撃性回転蓄熱式セラミック熱交換体の製造法

審判 昭58-16787

②特 願 昭53-118551

⑤公 開 昭55-46338

②出 願 昭53(1978)9月28日

③昭55(1980)4月1日

⑦発明者 小 田 功 名古屋市名東区猪高町大字高針字極楽70番地の67

⑦発明者 松 久 忠 彰 名古屋市天白区天白町大字平針字黒石2878番678の77

⑦出願人 日本碍子株式会社 名古屋市瑞穂区須田町2番56号

⑦代理人 弁理士 杉村 暁秀 外1名

審判の合議体 審判長 鈴木 憲七 審判官 住吉 多喜男 審判官 山本 貴和

⑤参考文献 特開 昭54-144407(JP, A) 特開 昭50-32552(JP, A)

特開 昭49-36707(JP, A)

1

2

## ⑦ 特許請求の範囲

1 セラミック材料より成るハニカム構造のマトリックス・セグメントを押し出し成形し、焼成した後、その外周部を加工して、平滑にした後、その接合部に焼成後の鉱物組成がマトリックス・セグメントと実質的に同じで、かつ熱膨脹率の差が800°Cにおいて0.1%以下となるセラミック接合材を焼成後の厚さが0.1~6 mmとなるように塗布し、接合した後、充分に乾燥し、焼成することにより接合部が実質的にマトリックス・セグメントと同等または同等以上の接合強度を有する一体のハニカム構造とすることを特徴とする耐熱衝撃性回転蓄熱式セラミック熱交換体の製造法。

## 発明の詳細な説明

本発明は熱交換効率に優れ、圧力損失の小さい耐熱衝撃性回転蓄熱式セラミック熱交換体の製造法に関するものである。

一般に回転蓄熱式セラミック熱交換体は、直径30cm~2 mの寸法をしたハニカム構造を有する円筒形マトリックスおよび該マトリックスの周縁に嵌合される環状のマトリックス保持用リングにより構成されるものであり、熱交換体はシール材により左右に2分割された状態で回転し、その半分はシール材によつて分割された一方の区画内を通過する加熱流体によつて加熱されて蓄熱し、これを他方の区画内で加熱されるべき流体に向つて放

熱するよう回転を続けるものである。従つてセラミック熱交換体に要求される特性は、熱交換効率が良く、かつ流体の通過が円滑に行なわれるよう圧力損失の小さいことである。

従来、回転蓄熱式セラミック熱交換体としては、セラミックシートを波型にして螺旋状に形成したいわゆる波型ハニカム(corrugated honeycomb)または薄いセラミックシートに周期的に突起をつけ、それを順次巻きとつていくいわゆるエンボスドハニカム(embossed honeycomb)などがあるが、前者はハニカムのセル構造が波型で、いわゆる曲率をもつた3角形(sinusoidal triangle)で、しかも流体の通過するセル内表面が平滑になりにくく、また波型シートと平型シートの界面に流体が通過しにくい死空間ができるため、圧力損失が大きくかつ、熱交換効率が悪いという欠点があり、後者は接合部で、剥りしやすいため、機械的強度が弱く、従つて使用中の熱衝撃により破壊しやすいなどの欠点があった。

本発明はこれらの欠点を解消するためになされたもので、セラミック材料より成るハニカム構造のマトリックス・セグメントを押し出し成形し、焼成した後、その接合部に焼成後の鉱物組成がマトリックス・セグメントと実質的に同じで、かつ熱膨脹率の差が800°Cにおいて0.1%以下となるセ

ラミック接合剤を焼成後の厚さが0.1~6mmとなるように塗布し、接合した後、充分に乾燥し、焼成することにより一体のハニカム構造としたことを特徴とする熱交換効率に優れ、かつ圧力損失の小さい耐熱衝撃性回転蓄熱式セラミック熱交換体の製造法に関するものである。本発明をさらに詳しく説明すると、熱膨脹率の比較的小さいコージエライト、ムライトなどのセラミック材料を押し出し成形法により三角形、四角形、六角形等のセル形状をしたハニカム構造のマトリックス・セグメントに成形し、焼成固化した後、複数個のセグメントを用いて一体の回転蓄熱式セラミック熱交換体となるように、該セグメントを加工した後、その接合部に焼成後の鉱物組成がマトリックス・セグメントと実質的に同じで、かつマトリックス・セグメントとの熱膨脹率の差が800℃において0.1%以下となるセラミック接合材を焼成後の厚さが0.1~6mmとなるように塗布し、充分に乾燥した後、接合材が充分に焼成固化するまで焼成することにより、一体のハニカム構造としたことを特徴とする熱交換効率に優れ、かつ圧力損失の小さい耐熱衝撃性回転蓄熱式セラミック熱交換体の製造法である。

本発明によるセラミック熱交換体は、マトリックス・セグメントが押し出し法により成形されているため、セル構造が均一で、しかも流体の通路となる軸方向のセル表面が平滑であり、従つて熱交換効率に優れると共に、流体の通過が容易となるため、圧力損失の小さいことが特徴である。本発明において、重要な点は押し出し成形により得た複数個のセラミック・セグメントを接合する技術に関するものである。本発明によれば複数個のセラミック・セグメントを接合するため、焼結後の鉱物組成がマトリックス・セグメントと実質的に同じで、かつ熱膨脹率の差が800℃において、0.1%以下となるセラミック接合材を焼結後の厚さが0.1~6mmとなるように塗布接合し、焼成することにより接合部の強度、耐熱衝撃性がセラミック・セグメント・マトリックス部分と同等又はそれ以上とすることに成功し、熱交換効率に優れ、圧力損失の小さい回転蓄熱式セラミック熱交換体を得ることが可能となつたのである。なお、本発明における接合部の接合厚さとは、焼成されたセラミック熱交換体にあつて接合されるべきマ

トリックス双方の塗布部と接した薄壁の厚さと、焼成された塗布部の厚さの合計で定義されるものであつて、第4図から第6図にあるように、マトリックス・セグメントの接合界面に凹凸を有するものにあつては、接合部の断面積を接合部の長さで除したものをもつて接合厚さと定義できる。また第6図のように接合部内に気泡を有するものであつても、気泡はないものとして接合厚さを定義される。また、セラミック接合材の鉱物組成が焼結後、マトリックス・セグメントと、実質的に同じであるということは、焼結後のセラミック接合材の鉱物成分およびその含有率が1%以下の不純物を除き、マトリックス・セグメントと同じであることを意味しており、そうすることによつて、初めて接合材と、マトリックス・セグメントとの接合強度を大きく、しかも熱膨脹率の差を小さくすることが可能である。焼成後、接合部の厚さが6mmよりも大きい場合には、開気孔率が減少し、流体の通過断面積が減少するため圧力損失が大きくなると共に、熱交換効率も下るため好ましくなく、さらにこの場合、焼成時に接合層自体の収縮により、接合部でマトリックス・セグメントと、剥りしやすくなるため好ましくない。また接合部の厚さが6mmよりも大きい場合には接合部とマトリックス部の焼結性に差を生じ、接合部の熱膨脹率が大きくなり、耐熱衝撃性が悪くなり好ましくなく、さらに回転蓄熱式熱交換体として使用した場合、マトリックス部と接合部の熱容量の差により局部的な熱歪が生じ、耐熱衝撃性が弱くなる欠点がある。また、接合部が0.1mmよりも小さい場合には、接合部の機械的強度が弱いので、焼成時接合部から剥りが生じやすく、しかも熱交換体としての耐熱衝撃性が弱くなる欠点がある。

接合材とセラミック・セグメントとの熱膨脹率の差が800℃において、0.1%よりも大きい場合には、接合部における耐熱衝撃性が低下するため好ましくない。なお、接合部の厚さの好ましい範囲は0.5~3mmであり、またセラミック・セグメントとの熱膨脹率の差は800℃において0.05%以下とすることが熱交換効率、圧力損失、耐熱衝撃性の点から好ましい。

また、本発明において接合部に塗布するセラミックペーストは、セラミック粉末、有機質バインダーと溶媒とからなる。ここで溶媒としては有機

質バインダーに応じ水系、有機溶剤系のいずれであつてもよい。また、セラミックペースト中のセラミック粉末としては、焼成後マトリックス・セグメントと実質的に同じ鉱物組成から成り、かつマトリックス・セグメントとの800℃での熱膨脹率との差が0.1%以下を有するものになるセラミック粉末であれば滑石、カオリン、水酸化アルミニウムのような未加工原料でも仮焼滑石、仮焼カオリン、仮焼アルミナの如き仮焼原料でもコージエライト、ムライト、アルミナの如き本焼原料でも或いはそれらのいずれの組合せであつてもよい。

さらに、接合部の接合強度をより増すために、マトリックス・セグメントの接合界面に第4図から第6図に示したような凹凸をつけて接合面積を増大させることが好ましい。

さらに接合部において、第6図に示されたような気泡が、ある断面だけ存在するか又はセル方向に貫通して存在している場合、各断面の接合部における接合面積に対し気孔面積が1/2以下であることが望ましい。

次に本発明を実施例により説明する。

#### 実施例 1

コージエライト素地を押し出し法によりピッチ1.4mm、壁厚0.12mmの三角形のセル形状をしたセラミック・セグメントを成形した後、トンネル窯で1400℃-5時間焼成することにより130×180×70mmのマトリックス・セグメントを35ヶ作成した。該セグメントを接合後、一体構造の回転蓄熱式熱交換体となるように外周部を一部加工した後、接合部に焼成後コージエライト鉱物となる接合材のセラミックペーストを焼成後の厚さが1.5mmとなるように塗布し、接合した後充分乾燥し、トンネル窯で1400℃5時間焼成することにより直径700mm、厚さ70mmの一体構造の回転蓄熱式熱交換体を得た。得られた熱交換体の開孔率は70%で、マトリックス・セグメントと接合部材料の800℃における熱膨脹率の差は0.005%であり、また、4点支持による曲げ強度は、接合部を含む場合も含まない場合も、ともに13.7kg/cm<sup>2</sup>を示し、接合による強度の低下は認められなかった。この熱交換体を一定温度に保持された電気炉中に挿入し、30分保持した後室内に取出し空冷する急熱急

冷熱衝撃性試験を行なつたところ、700℃の温度差でマトリックス部分よりクラックが発生したが、接合部にはクラックは認められなかった。こうして得られた回転蓄熱式セラミック熱交換体は、ガスタービンエンジン、スターリングエンジンの熱交換体として有用である。

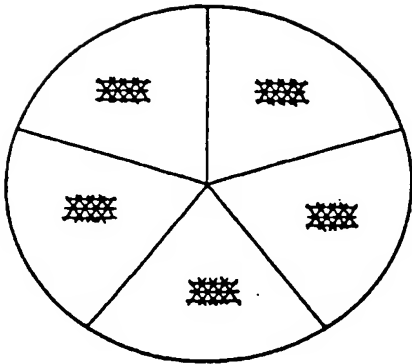
#### 実施例 2

ピッチ2.8mm、壁厚0.25mmから成る四角形のセル形状をしたハニカム構造のムライト質セグメントを押し出し成形した後、電気炉中で1350℃5時間焼成することにより250×250×150mmのマトリックス・セグメントを16ヶ作成した。該セラミック・セグメントの外周部を一部加工した後、接合部に焼成後ムライト鉱物となるセラミックペーストを焼成後の厚さが2.5mmとなるように塗布し、接合した後充分乾燥し、電気炉中1350℃5時間焼成することにより、直径1000mm、厚さ150mmのムライトから成る一体構造の回転蓄熱式セラミック熱交換体を得た。得られた熱交換体の開孔率は80%で、マトリックス・セグメントと接合部の800℃における熱膨脹率の差は0.02%であつた。さらに実施例1と同様の急熱急冷熱衝撃試験を行なつた結果、400℃の温度差でマトリックスよりクラックが発生したが、接合部にはクラックは認められなかった。こうして得られたムライト質の回転蓄熱式セラミック熱交換体は産業用の熱交換体として有用であることが判明した。以上の説明で明らかのように、本発明による一体構造の耐熱衝撃性回転蓄熱式セラミック熱交換体は、セル構造が均一で、かつ平滑であり、開孔率も充分大きいため、圧力損失も少なく、熱交換効率、耐熱衝撃性に優れているため、ガスタービンエンジン、スターリングエンジンなどの回転蓄熱式熱交換体として、また、燃費節減のための産業用熱交換体として極めて有用であり当業界が待ち望んだものである。

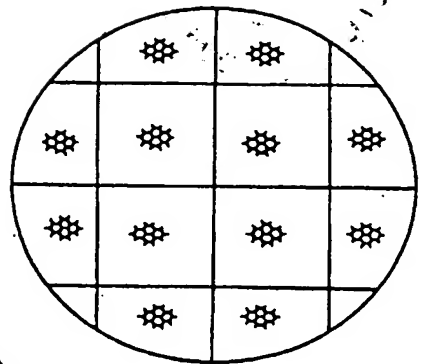
#### 図面の簡単な説明

第1図乃至第3図は、本発明の接合部を有するセラミック熱交換体の一例を示した図、第4図乃至第6図は本発明の接合部近傍を拡大し、接合部と接合部隣接マトリックス部の断面形状を示した図である。

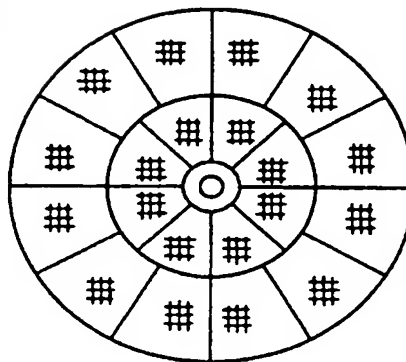
第 1 図



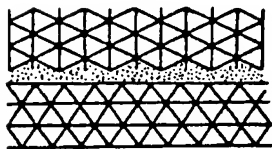
第 3 図



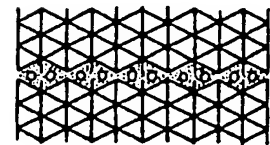
第 2 図



第 4 図



第 6 図



第 5 図

